

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年12月10日(10.12.2020)

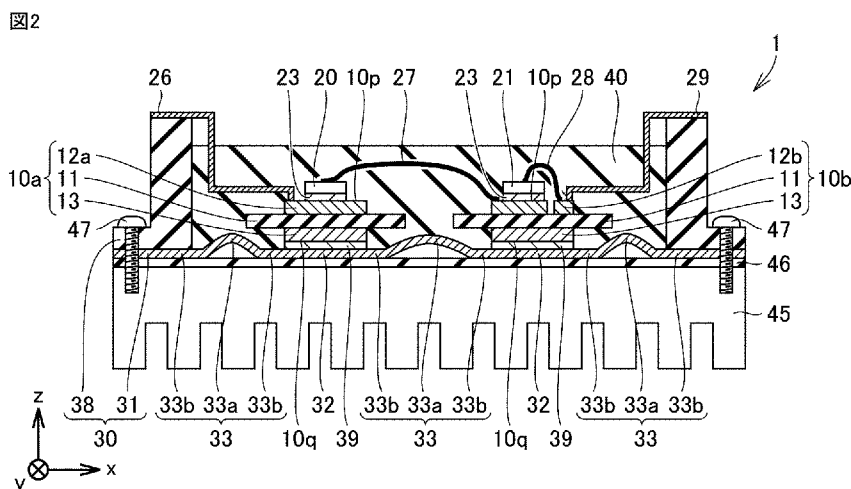


(10) 国際公開番号
WO 2020/245890 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/28 (2006.01) *H01L 25/07* (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01) *H01L 25/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/022041
- (22) 国際出願日: 2019年6月3日(03.06.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 福本 晃久 (FUKUMOTO, Akihisa); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: POWER MODULE AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: パワーモジュール及び電力変換装置



(57) Abstract: A power module (1) is provided with insulated circuit boards (10a, 10b), power semiconductor elements (20, 21), a base (31) and a seal member (40). The base (31) is bonded to the insulated circuit boards (10a, 10b) by second bonding members (39). The base (31) includes first parts (32) and second parts (33). The first parts (32) of the base (31) are in contact with the second bonding members (39). The second parts (33) of the base (31) are exposed from the second bonding members (39) and surround the first parts (32). The second parts (33) are each provided with at least one first curved section (33a).

(57) 要約: パワーモジュール(1)は、絶縁回路基板(10a, 10b)と、パワー半導体素子(20, 21)と、ベース(31)と、封止部材(40)とを備える。ベース(31)は、第2接合部材(39)を用いて、絶縁回路基板(10a, 10b)に接合されている。ベース(31)は、第1部分(32)と、第2部分(33)とを含む。ベース(31)の第1部分(32)は、第2接合部材(39)に接触している。ベース(31)の第2部分(33)は、第2接合部材(39)から露出しており、かつ、第1部分(32)を囲んでいる。第2部分(33)に、少なくとも一つの第1湾曲部(33a)が設けられている。

WO 2020/245890 A1

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：パワーモジュール及び電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明は、パワーモジュール及び電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 特開2005-259758号公報（特許文献1）は、パワー半導体素子と、ドレインリードと、ゲートリードと、封止体とを備える半導体装置を開示している。パワー半導体素子は、ドレインリードのドレイン電極上に搭載されている。パワー半導体素子は、ドレインリード及びゲートリードに電気的に接続されている。封止体は、パワー半導体素子と、ドレインリードの一部と、ゲートリードの一部とを封止している。ドレインリードの一部に、窪みと、この窪みに対応する突出部とが形成されている。封止体の一部は、ドレインリードの窪みに充填されている。ドレインリードの突出部が、封止体に食い込んでいる。そのため、封止体とドレインリードとの間の密着強度が高くなっている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-259758号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、特許文献1では、突出部は、尖った角を有している。そのため、特許文献1の半導体装置に冷熱サイクルが印加されると、ドレインリードの線膨張係数と封止体の線膨張係数との間の差に起因する応力が、突出部の尖った角と封止体との間の界面に集中的に印加される。突出部と封止体との間の界面において、封止体がドレインリードから剥離する。特許文献1の半導体装置は、低い信頼性を有している。本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであり、その目的は、向上された信頼性を有するパワーモジュール及

び電力変換装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明のパワーモジュールは、絶縁回路基板と、パワー半導体素子と、ベースと、封止部材とを備える。絶縁回路基板は、おもて面と、おもて面とは反対側の裏面とを有する。パワー半導体素子は、絶縁回路基板のおもて面に接合されている。ベースは、接合部材を用いて、絶縁回路基板の裏面に接合されている。封止部材は、パワー半導体素子及び絶縁回路基板を封止している。ベースは、第1部分と、第2部分とを含む。ベースの第1部分は、接合部材に接触している。ベースの第2部分は、接合部材から露出しており、かつ、第1部分を囲んでいる。第2部分の少なくとも一部に選択的に、第1部分に対してパワー半導体素子に近位する側に凸となるように湾曲されている。少なくとも一つの第1湾曲部が設けられている。

[0006] 本発明の電力変換装置は、主変換回路と、制御回路とを備える。主変換回路は、本発明のパワーモジュールを有し、かつ、入力される電力を変換して出力するように構成されている。制御回路は、主変換回路を制御する制御信号を主変換回路に出力するように構成されている。

発明の効果

[0007] 本発明のパワーモジュール及び電力変換装置では、ベースに、少なくとも一つの第1湾曲部が設けられている。そのため、パワーモジュールに冷熱サイクルが印加されても、ベースの線膨張係数と封止部材の線膨張係数との間の差に起因する応力が、少なくとも一つの第1湾曲部と封止部材との間の界面の一部に集中的に印加されることが抑制される。さらに、少なくとも一つの第1湾曲部は、ベースと封止部材との間の接触面積を増加させて、ベースと封止部材との間の密着強度を増加させる。こうして、ベースから封止部材が剥離することが防止される。本発明のパワーモジュール及び電力変換装置は、向上された信頼性を有する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1のパワーモジュールの概略平面図である。

[図2]実施の形態1のパワーモジュールの、図1に示される断面線I-Iにおける概略断面図である。

[図3]実施の形態1の変形例のパワーモジュールの概略断面図である。

[図4]実施の形態1のパワーモジュールの製造方法のフローチャートを示す図である。

[図5]実施の形態2のパワーモジュールの概略平面図である。

[図6]実施の形態2のパワーモジュールの、図5に示される断面線V-Vにおける概略断面図である。

[図7]実施の形態2のパワーモジュールの製造方法のフローチャートを示す図である。

[図8]実施の形態3のパワーモジュールの概略断面図である。

[図9]実施の形態3の変形例のパワーモジュールの概略断面図である。

[図10]実施の形態3のパワーモジュールの製造方法のフローチャートを示す図である。

[図11]実施の形態4のパワーモジュールの概略断面図である。

[図12]実施の形態4のパワーモジュールの製造方法のフローチャートを示す図である。

[図13]実施の形態5のパワーモジュールの概略断面図である。

[図14]実施の形態5の変形例のパワーモジュールの概略断面図である。

[図15]実施の形態5及びその変形例のパワーモジュールの製造方法のフローチャートを示す図である。

[図16]実施の形態6に係る電力変換システムの構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施の形態を説明する。なお、同一の構成には同一の参照番号を付し、その説明は繰り返さない。

[0010] 実施の形態1.

図1及び図2を参照して、実施の形態1のパワーモジュール1を説明する

。パワーモジュール1は、絶縁回路基板10a、10bと、パワー半導体素子20、21と、ベース31と、封止部材40とを主に備える。パワーモジュール1は、リード端子26、29と、配線27、28とをさらに備えてもよい。パワーモジュール1は、外囲体38をさらに備えてもよい。パワーモジュール1は、ヒートシンク45をさらに備えてもよい。パワーモジュール1は、伝熱層46をさらに備えてもよい。

[0011] パワーモジュール1は、二つの絶縁回路基板10a、10bを含んでいる。絶縁回路基板10aと絶縁回路基板10bとは、互いに間隔を空けて、第1方向(x方向)に配列されている。パワーモジュール1は、少なくとも一つの絶縁回路基板を含んでもよい。

[0012] 絶縁回路基板10a、10bは、各々、絶縁基板11を含む。絶縁基板11は、第1方向(x方向)と、第1方向に垂直な第2方向(y方向)とに延在している。絶縁基板11は、第1面と、第1面とは反対側の第2面とを含む。絶縁基板11は、例えば、アルミナ、窒化アルミニウムまたは窒化ケイ素のような無機材料(セラミックス材料)で形成されてもよい。絶縁基板11は、例えば、アルミナ、窒化アルミニウムまたは窒化ケイ素のような無機フィラー(セラミックスフィラー)が添加された、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂またはシアネート系樹脂のような樹脂材料で形成されてもよい。

[0013] 絶縁回路基板10aは、導電回路パターン12aと、導電板13とを含む。絶縁回路基板10bは、導電回路パターン12bと、導電板13とを含む。導電回路パターン12aは、絶縁基板11の第1面上に設けられている。導電回路パターン12bは、絶縁基板11の第1面上に設けられている。導電回路パターン12aは、導電回路パターン12bとは異なるパターンを有してもよい。導電板13は、絶縁基板11の第2面上に設けられている。導電回路パターン12a、12b及び導電板13は、例えば、銅またはアルミニウムのような高い電気伝導率及び高い熱伝導率を有する金属材料で形成されてもよい。絶縁回路基板10a、10bは、例えば、DCB(Direct Copper Bonded)基板、または、DAB(Direct Aluminum Bonded)基板であ

ってもよい。

[0014] 絶縁回路基板10a, 10bは、各々、おもて面10pと、おもて面10pとは反対側の裏面10qとを有する。絶縁回路基板10aのおもて面10pは、導電回路パターン12aの表面を含む。絶縁回路基板10aの裏面10qは、導電板13の表面を含む。絶縁回路基板10bのおもて面10pは、導電回路パターン12bの表面を含む。絶縁回路基板10bの裏面10qは、導電板13の表面を含む。

[0015] パワーモジュール1は、二つのパワー半導体素子20, 21を含んでいる。パワーモジュール1は、少なくとも一つのパワー半導体素子を含んでもよい。パワー半導体素子20, 21は、例えば、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ（IGBT）、金属酸化物半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）またはフリーホイールダイオード（FWD）である。パワー半導体素子20, 21は、シリコン、または、炭化珪素、窒化ガリウムもしくはダイヤモンドのようなワイドバンドギャップ半導体材料で形成されてもよい。

[0016] パワー半導体素子20は、絶縁回路基板10aのおもて面10pに接合されている。パワー半導体素子20は、第1接合部材23を用いて、導電回路パターン12aに接合されている。パワー半導体素子21は、絶縁回路基板10bのおもて面10pに接合されている。パワー半導体素子21は、第1接合部材23を用いて、導電回路パターン12bに接合されている。第1接合部材23は、特に限定されないが、鉛フリーはんだのようなはんだ、銀ナノ粒子焼結体のような金属ナノ粒子焼結体、または、導電性接着剤であってもよい。導電性接着剤は、例えば、銀粒子のような導電性粒子が分散された樹脂接着剤である。本実施の形態では、一つの絶縁回路基板あたり、一つパワー半導体素子が搭載されている。一つの絶縁回路基板あたり、複数のパワー半導体素子が搭載されてもよい。

[0017] 絶縁回路基板10a（導電回路パターン12a）から、リード端子26が引き出されている。パワー半導体素子20と導電回路パターン12bとは、配線27により、互いに電氣的に接続されている。パワー半導体素子21と

導電回路パターン12bの一部とは、配線28により、互いに電氣的に接続されている。絶縁回路基板10b（導電回路パターン12bの一部）から、リード端子29が引き出されている。リード端子26、29は、例えば、銅またはアルミニウムのような高い電気伝導率を有する金属材料で形成されている。配線27、28は、例えば、銅、アルミニウム、銅合金またはアルミニウム合金のような金属材料で形成されてもよい。配線27、28は、例えば、導電ワイヤまたは導電リボンであってもよい。

[0018] ベース31は、例えば、銅もしくはアルミニウムのような金属材料、AlSiCのような金属基複合材料（MMC）、または、400番台のステンレス、42アロイもしくはインバーのような主成分が鉄である金属材料で形成されてもよい。ベース31は、箔ベースであってもよい。箔ベースは、200 μm 以下の厚さを有している。箔ベースは、150 μm 以下の厚さを有してもよく、100 μm 以下の厚さを有してもよく、50 μm 以下の厚さを有してもよい。

[0019] ベース31は、第2接合部材39を用いて、絶縁回路基板10a、10bの裏面10qに接合されている。第2接合部材39は、例えば、鉛フリーはんだのようなはんだである。ベース31は、第1部分32と、第2部分33とを含む。ベース31の第1部分32は、第2接合部材39に接触している。ベース31の第2部分33は、第2接合部材39から露出しており、かつ、ベース31の第1部分32を囲んでいる。

[0020] ベース31の第2部分33の少なくとも一部に選択的に、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられている。第1湾曲部33aは、ベース31の第1部分32には設けられていない。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、ベース31の第1部分32に対してパワー半導体素子20、21に近位する側（+z側）に凸となるように湾曲されている。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、1 μm 以上の曲率半径を有している。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、10 μm 以上の曲率半径を有してもよく、100 μm 以上の曲率半径を有してもよく、1mm以上の曲率半径を有してもよい。本実施

の形態では、ベース31の第2部分33は、第1湾曲部33aに加えて、平坦部33bをさらに含んでいる。

[0021] 絶縁回路基板10a, 10bのおもて面10pの平面視において、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第1部分32の外縁の少なくとも一部に沿って延在してもよい。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第1方向(x方向)に沿って延在してもよい。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第2方向(y方向)に沿って延在してもよい。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第1方向(x方向)及び第2方向(y方向)に沿って延在してもよい。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第1部分32の外縁全体に沿って延在してもよい。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第1部分32を囲んでもよい。図3に示されるように、本実施の形態の変形例のパワーモジュール1aでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、複数の第1湾曲部33aであってもよい。

[0022] 図1に示されるように、絶縁回路基板10aのおもて面10pの平面視において、パワー半導体素子20は、第2接合部材39の直上に配置されてもよい。絶縁回路基板10bのおもて面10pの平面視において、パワー半導体素子21は、第2接合部材39の直上に配置されてもよい。言い換えると、絶縁回路基板10a, 10bのおもて面10pの平面視において、パワー半導体素子20は、第2接合部材39の外縁の内側に配置されてもよい。絶縁回路基板10bのおもて面10pの平面視において、パワー半導体素子21は、第2接合部材39の外縁の内側に配置されてもよい。そのため、パワー半導体素子20, 21からベース31に至る放熱経路の長さが短縮される。パワー半導体素子20, 21で発生した熱がパワーモジュール1の外部へ効率的に放散される。

[0023] 外囲体38が、ベース31の第1主面の周縁に取り付けられてもよい。ベース31と外囲体38とは、ケース30を構成している。パワーモジュール1は、ケースタイプのモジュールである。パワーモジュール1は、外囲体38を備えていないモールドタイプのモジュールであってもよい。外囲体38

は、例えば、高い耐熱性を有する絶縁材料で形成されてもよい。高い耐熱性を有する絶縁材料は、例えば、ポリフェニレンサルファイド（PPS）またはポリブチレンテレフタレート（PBT）のような熱可塑性樹脂である。

[0024] 封止部材40は、パワー半導体素子20、21及び絶縁回路基板10a、10bを封止している。封止部材40は、例えば、エポキシ樹脂のような樹脂材料で形成されてもよい。封止部材40は、ベース31上に設けられている。ベース31の第2部分33は、封止部材40に接触してもよい。封止部材40は、ベース31と外囲体38とで構成されているケース30の内部空間の少なくとも一部に充填されている。ベース31は薄すぎて、パワーモジュール1に、十分な構造強度を提供することができない。封止部材40は、ベース31よりも厚く、パワーモジュール1に、十分な構造強度を提供することができる。

[0025] ヒートシンク45は、ベース31の第1主面とは反対側のベース31の第2主面に取り付けられている。ヒートシンク45は、アルミニウムのような、高い熱伝導率を有する材料で形成されてもよい。ヒートシンク45は、伝熱層46を介して、ベース31の第2主面に取り付けられてもよい。伝熱層46は、例えば、放熱グリス層、または、フェイズチェンジマテリアル（PCM）のような材料で形成されている放熱シートであってもよい。ヒートシンク45は、ベース31の第2主面に直接取り付けられてもよい。ヒートシンク45は、ねじのような締結部材47を用いて、外囲体38とベース31とに固定されてもよい。ヒートシンク45は、接着剤を用いて、ベース31に固定されてもよい。

[0026] 図4を参照して、本実施の形態のパワーモジュール1、1aの製造方法の一例を説明する。

[0027] 本実施の形態のパワーモジュール1、1aの製造方法は、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を準備すること（S1）を備える。第一の例では、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を準備すること（S1）は、ベース31を機械加工して、少なくとも一

つの第1湾曲部33aをベース31に形成することを含んでもよい。機械加工は、例えば、プレス加工または曲げ加工である。第二の例では、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を準備すること(S1)は、鋳型を用いて、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を鋳造することを含んでもよい。ベース31が箔ベースである場合には、ベース31に少なくとも一つの第1湾曲部33aを形成することが容易になる。

[0028] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aの製造方法は、パワー半導体素子20, 21を絶縁回路基板10a, 10bに接合すること(S2)を備える。具体的には、パワー半導体素子20, 21は、第1接合部材23を用いて、絶縁回路基板10a, 10bのおもて面10p(導電回路パターン12a, 12b)に接合される。

[0029] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aの製造方法は、ベース31を絶縁回路基板10a, 10bに接合すること(S3)を備える。具体的には、ベース31の第1主面が、第2接合部材39を用いて、絶縁回路基板10a, 10bの裏面10qに接合される。ベース31は、ベース31の第1部分32で、絶縁回路基板10a, 10bに接合されている。

[0030] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aの製造方法は、封止部材40で、パワー半導体素子20, 21及び絶縁回路基板10a, 10bを封止すること(S4)を備える。具体的には、ベース31の第1主面上に封止樹脂材料を供給する。例えば、ケース30の内部空間の少なくとも一部に封止樹脂材料を供給する。封止樹脂材料に熱を印加または光を照射することによって、封止樹脂材料を硬化させて、パワー半導体素子20, 21及び絶縁回路基板10a, 10bを封止する封止部材40を形成する。こうして、ベース31と絶縁回路基板10a, 10bとパワー半導体素子20, 21と封止部材40とを含む組立体が形成される。組立体は、外囲体38をさらに含んでもよい。

[0031] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aの製造方法は、ベース31と絶

縁回路基板 10 a, 10 b とパワー半導体素子 20, 21 と封止部材 40 とを含む組立体をヒートシンク 45 に取り付けること (S5) を備える。ヒートシンク 45 は、伝熱層 46 を介して、ベース 31 に取り付けられてもよい。こうして、パワーモジュール 1, 1 a が得られる。

[0032] 本実施の形態のパワーモジュール 1, 1 a の製造方法の別の例では、ベース 31 を絶縁回路基板 10 a, 10 b に接合 (S3) した後に、パワー半導体素子 20, 21 を絶縁回路基板 10 a, 10 b に接合 (S2) してもよい。

[0033] 本実施の形態の別の変形例では、パワーモジュール 1, 1 a は、ヒートシンク 45 を含んでいなくてもよく、ベース 31 と絶縁回路基板 10 a, 10 b とパワー半導体素子 20, 21 と封止部材 40 とを含む上記組立体がパワーモジュール 1, 1 a であってもよい。

[0034] 本実施の形態のパワーモジュール 1, 1 a の効果を説明する。

本実施の形態のパワーモジュール 1, 1 a は、絶縁回路基板 10 a, 10 b と、パワー半導体素子 20, 21 と、ベース 31 と、封止部材 40 とを備える。絶縁回路基板 10 a, 10 b は、おもて面 10 p と、おもて面 10 p とは反対側の裏面 10 q とを有する。パワー半導体素子 20, 21 は、絶縁回路基板 10 a, 10 b のおもて面 10 p に接合されている。ベース 31 は、接合部材 (第 2 接合部材 39) を用いて、絶縁回路基板 10 a, 10 b の裏面 10 q に接合されている。封止部材 40 は、パワー半導体素子 20, 21 及び絶縁回路基板 10 a, 10 b を封止している。ベース 31 は、第 1 部分 32 と、第 2 部分 33 とを含む。ベース 31 の第 1 部分 32 は、接合部材 (第 2 接合部材 39) に接触している。ベース 31 の第 2 部分 33 は、接合部材 (第 2 接合部材 39) から露出しており、かつ、第 1 部分 32 を囲んでいる。第 2 部分 33 の少なくとも一部に選択的に、第 1 部分 32 に対してパワー半導体素子 20, 21 に近位する側 (+z 側) に凸となるように湾曲されている少なくとも一つの第 1 湾曲部 33 a が設けられている。

[0035] ベース 31 に、少なくとも一つの第 1 湾曲部 33 a が設けられている。そ

のため、パワーモジュール1, 1aに冷熱サイクルが印加されても、ベース31の線膨張係数と封止部材40の線膨張係数との間の差に起因する応力が、少なくとも一つの第1湾曲部33aと封止部材40との間の界面の一部に集中的に印加されることが抑制される。さらに、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、ベース31と封止部材40との間の接触面積を増加させて、ベース31と封止部材40との間の密着強度を増加させる。こうして、ベース31から封止部材40が剥離することが防止される。パワーモジュール1, 1aは、向上された信頼性を有する。

[0036] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aでは、ベース31は、箔ベースであってもよい。そのため、パワー半導体素子20, 21で発生した熱がベース31を伝導する距離が減少する。パワー半導体素子20, 21で発生した熱が効率的に放散される。パワーモジュール1, 1aの放熱性能は向上する。

[0037] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第1部分32の外縁の少なくとも一部に沿って延在している。そのため、ベース31の線膨張係数と封止部材40の線膨張係数との間の差に起因する応力が、少なくとも一つの第1湾曲部33aと封止部材40との間の界面の一部に集中的に印加されることが抑制される。さらに、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、ベース31と封止部材40との間の接触面積を増加させて、ベース31と封止部材40との間の密着強度を増加させる。ベース31から封止部材40が剥離することが防止される。パワーモジュール1, 1aは、向上された信頼性を有する。

[0038] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第1部分32の外縁全体に沿って延在している。そのため、ベース31の線膨張係数と封止部材40の線膨張係数との間の差に起因する応力が、少なくとも一つの第1湾曲部33aと封止部材40との間の界面の一部に集中的に印加されることが抑制される。さらに、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、ベース31と封止部材40との間の接触面積を増加させ

て、ベース31と封止部材40との間の密着強度を増加させる。ベース31から封止部材40が剥離することが防止される。パワーモジュール1, 1aは、向上された信頼性を有する。

[0039] 本実施の形態のパワーモジュール1aでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、複数の第1湾曲部33aである。そのため、ベース31と封止部材40との間の接触面積が増加して、ベース31と封止部材40との間の密着強度が増加する。ベース31から封止部材40が剥離することが防止される。パワーモジュール1aは、向上された信頼性を有する。

[0040] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aは、ヒートシンク45をさらに備える。絶縁回路基板10a, 10bは、ベース31の第1主面に接合されている。ヒートシンク45は、ベース31の第1主面と反対側のベース31の第2主面に取り付けられている。

[0041] 少なくとも一つの第1湾曲部33aは、ベース31の第1部分32に対してパワー半導体素子20, 21に近位する側(+z側)に凸となるように湾曲されている。少なくとも一つの第1湾曲部33aは、ベース31がパワー半導体素子20, 21から遠位する側(-z側)に折れ曲がることを防止する。そのため、ヒートシンク45は、少なくとも一つの第1湾曲部33aに機械的に干渉することなく、ベース31の第1部分32で、ベース31の第2主面に取り付けられ得る。パワーモジュール1, 1aの放熱性能は向上する。

[0042] 本実施の形態のパワーモジュール1, 1aでは、ヒートシンク45は、締結部材47を用いて、ベース31に取り付けられている。ヒートシンク45は、ベース31とヒートシンク45との間の熱伝導を確保し得る圧力で、ベース31を押圧する必要がある。この圧力は、ヒートシンク45がベース31を押圧する力を、ヒートシンク45によって押圧されているベース31の面積で割った値として定義される。

[0043] 少なくとも一つの第1湾曲部33aのため、ヒートシンク45によって押圧されるベース31の部分の面積は減少する。締結部材47の締結力で、ヒ

ートシンク45は、少なくとも一つの第1湾曲部33aを除くベース31の部分を押圧する。そのため、より少ない締結部材47の締結力（ベース31へのヒートシンク45の押圧力）で、ベース31とヒートシンク45との間の熱伝導を確保し得るベース31へのヒートシンク45の圧力を実現することができる。パワーモジュール1, 1aに発生する内部応力が低減されて、パワーモジュール1, 1aは向上された信頼性を有する。また、締結部材47の数または締結部材47のサイズを減少させることができるため、パワーモジュール1, 1aは小型化され得る。

[0044] 実施の形態2.

図5及び図6を参照して、実施の形態2のパワーモジュール1bを説明する。本実施の形態のパワーモジュール1bは、実施の形態1のパワーモジュール1と同様の構成を備えるが、以下の点で主に異なる。パワーモジュール1bでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第2部分33の全体に設けられている。ベース31の第2部分33は、平坦部33b（図2を参照）を含んでいない。封止部材40は、熱硬化性樹脂材料で形成されてもよい。ベース31は、封止部材40よりも大きな線膨張係数を有してもよい。

[0045] 図7を参照して、本実施の形態のパワーモジュール1bの製造方法の一例を説明する。本実施の形態のパワーモジュール1bの製造方法の一例は、実施の形態1の工程S1, S4に代えて、以下の工程S11, S14を備えている。

[0046] 本実施の形態のパワーモジュール1bの製造方法は、ベース31を準備すること（S11）を備える。工程S1では、ベース31には、少なくとも一つの第1湾曲部33aは形成されていない。

[0047] 本実施の形態のパワーモジュール1bの製造方法は、封止部材40で、パワー半導体素子20, 21及び絶縁回路基板10a, 10bを封止すること（S14）を備える。封止部材40でパワー半導体素子20, 21及び絶縁回路基板10a, 10bを封止すること（S14）は、ベース31の第2部分33に、少なくとも一つの第1湾曲部33aを設けること（S15）を含

んでいる。具体的には、ベース31の第1主面上に封止樹脂材料を供給する。例えば、ケース30の内部空間の少なくとも一部に封止樹脂材料を供給する。封止樹脂材料は、熱硬化性樹脂材料である。封止樹脂材料に熱を印加することによって、封止樹脂材料を硬化させて、パワー半導体素子20、21及び絶縁回路基板10a、10bを封止する封止部材40を形成する。

[0048] ベース31は、封止部材40よりも大きな線膨張係数を有している。そのため、封止部材40の温度を、封止部材40を硬化させる高温から室温まで下げると、ベース31の線膨張係数と封止部材40の線膨張係数との間の差のため、ベース31の第2部分33全体に、少なくとも一つの第1湾曲部33aが形成される。本実施の形態のパワーモジュール1bの製造方法では、ベース31を機械加工する工程を省くことができる。

[0049] 本実施の形態のパワーモジュール1bの製造方法の別の例は、実施の形態1のパワーモジュール1の製造方法と同様の工程を備えてもよい。すなわち、本実施の形態のパワーモジュール1bの製造方法の別の例では、工程S1において、ベース31の第2部分33全体に、少なくとも一つの第1湾曲部33aが形成されてもよい。パワーモジュール1bでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、複数の第1湾曲部33aであってもよい。

[0050] 本実施の形態のパワーモジュール1bは、実施の形態1のパワーモジュール1、1aの効果に加えて、以下の効果を奏する。

[0051] パワーモジュール1bでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第2部分33の全体に設けられている。そのため、パワーモジュール1bに冷熱サイクルが印加されても、ベース31の線膨張係数と封止部材40の線膨張係数との間の差に起因する応力が、少なくとも一つの第1湾曲部33aと封止部材40との間の界面の一部に集中的に印加されることが抑制される。また、ベース31と封止部材40との間の接触面積がさらに増加して、ベース31と封止部材40との間の密着強度がさらに増加する。ベース31から封止部材40が剥離することが防止される。パワーモジュール1bは、向上された信頼性を有する。

[0052] 少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第2部分33の全体に設けられているため、ヒートシンク45によって押圧されるベース31の部分の面積がさらに減少する。より少ない締結部材47の締結力（ベース31へのヒートシンク45の押圧力）で、ベース31とヒートシンク45との間の熱伝導を確保し得るベース31へのヒートシンク45の圧力を実現することができる。パワーモジュール1bに発生する内部応力がさらに低減されて、パワーモジュール1bは向上された信頼性を有する。また、締結部材47の数または締結部材47のサイズをさらに減少させることができるため、パワーモジュール1bは小型化され得る。

[0053] 本実施の形態のパワーモジュール1bでは、封止部材40は、熱硬化性樹脂材料で形成されている。ベース31は、封止部材40よりも大きな線膨張係数を有している。そのため、ベース31を機械加工する工程無しに、少なくとも一つの第1湾曲部33aは形成され得る。パワーモジュール1bは、簡素な工程で容易に製造され得る。

[0054] 実施の形態3.

図8を参照して、実施の形態3のパワーモジュール1cを説明する。本実施の形態のパワーモジュール1cは、実施の形態1のパワーモジュール1と同様の構成を備えるが、以下の点で主に異なる。

[0055] パワーモジュール1cは、少なくとも一つの第1湾曲部33a上に選択的に設けられている膜50をさらに備える。膜50は、第1湾曲部33aを除くベース31の部分上に設けられていない。膜50は、ベース31よりも小さな線膨張係数を有している。膜50は、例えば、フィラーを含有する熱硬化性樹脂で形成されてもよい。フィラーは、例えば、アルミナ、窒化アルミニウムまたは窒化ケイ素のような無機フィラー（セラミックスフィラー）である。熱硬化性樹脂は、例えば、エポキシ樹脂である。膜50は、例えば、400番台のステンレス、42アロイもしくはインバーのような鉄を主成分として有する金属材料で形成されてもよい。

[0056] 図9に示されるように、本実施の形態の第1変形例のパワーモジュール1

dでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、複数の第1湾曲部33aであってもよい。パワーモジュール1dは、複数の膜50を備えており、複数の膜50は、それぞれ、複数の第1湾曲部33a上に選択的に設けられている。本実施の形態の第2変形例のパワーモジュールでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、第2部分33の全体に設けられており、膜50はベース31の第2部分33の全体に設けられてもよい。

[0057] 図10を参照して、本実施の形態のパワーモジュール1c, 1dの製造方法を説明する。本実施の形態のパワーモジュール1c, 1dの製造方法は、図4に示される実施の形態1のパワーモジュール1の製造方法の一例と同様の工程を備えているが、実施の形態1の工程S1に代えて、以下の工程S21を備えている。

[0058] 本実施の形態のパワーモジュール1c, 1dの製造方法は、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を準備すること(S21)を備える。少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を準備すること(S21)は、室温よりも高い高温下で、ベース31の一部に膜50を形成すること(S22)と、膜50が形成されたベース31の温度を、ベース31に膜50を形成する高温から室温まで下げること(S23)とを含む。

[0059] 膜50は、ベース31よりも小さな線膨張係数を有している。そのため、膜50が形成されたベース31の温度を、ベース31に膜50を形成する高温から室温まで下げると、ベース31の線膨張係数と膜50の線膨張係数との間の差のため、ベース31の第2部分33に、少なくとも一つの第1湾曲部33aが形成される。

[0060] 本実施の形態のパワーモジュール1c, 1dは、実施の形態1のパワーモジュール1, 1aの効果に加えて、以下の効果を奏する。

[0061] 本実施の形態のパワーモジュール1c, 1dは、少なくとも一つの第1湾曲部33a上に選択的に設けられている膜50をさらに備える。膜50は、ベース31よりも小さな線膨張係数を有している。そのため、ベース31を

機械加工する工程無しに、少なくとも一つの第1湾曲部33aは形成され得る。パワーモジュール1c, 1dは、簡素な工程で容易に製造され得る。少量多品種のパワーモジュール1c, 1dが容易に得られる。

[0062] 実施の形態4.

図11を参照して、実施の形態4のパワーモジュール1eを説明する。本実施の形態のパワーモジュール1eは、実施の形態1のパワーモジュール1と同様の構成を備えるが、以下の点で主に異なる。

[0063] パワーモジュール1eでは、ベース31の第1部分32に、パワー半導体素子20, 21から遠位する側(-z側)に凸となるように湾曲されている第2湾曲部35が設けられている。第2湾曲部35は、1 μ m以上の曲率半径を有している。第2湾曲部35は、10 μ m以上の曲率半径を有してもよく、100 μ m以上の曲率半径を有してもよく、1mm以上の曲率半径を有してもよい。第2湾曲部35は、ベース31の第1部分32の少なくとも一部に設けられている。第2湾曲部35は、ベース31の第1部分32の全体に設けられてもよい。ベース31は、絶縁回路基板10a, 10bよりも小さな線膨張係数を有してもよい。

[0064] 図12を参照して、本実施の形態のパワーモジュール1eの製造方法の一例を説明する。本実施の形態のパワーモジュール1eの製造方法の一例は、実施の形態1のパワーモジュール1の製造方法と同様の工程を備えているが、主に以下の点で異なっている。本実施の形態のパワーモジュール1eの製造方法の一例は、実施の形態1の工程S3に代えて、以下の工程S33を備えている。

[0065] 本実施の形態のパワーモジュール1eの製造方法は、ベース31を絶縁回路基板10a, 10bに接合すること(S33)を備える。具体的には、ベース31の第1主面が、第2接合部材39を用いて、絶縁回路基板10a, 10bの裏面10qに接合される。ベース31は、ベース31の第1部分32で、絶縁回路基板10a, 10bの裏面10qに接合される。ベース31を絶縁回路基板10a, 10bに接合すること(S33)は、室温よりも高

温下で、第2接合部材39を用いて、ベース31を絶縁回路基板10a, 10bに接合すること(S34)と、第2接合部材39を用いて互いに接合されているベース31及び絶縁回路基板10a, 10bの温度を、第2接合部材39を用いてベース31を絶縁回路基板10a, 10bに接合する高温から室温まで下げること(S35)とを含む。

[0066] ベース31は、絶縁回路基板10a, 10bよりも小さな線膨張係数を有している。そのため、第2接合部材39を用いて互いに接合されているベース31及び絶縁回路基板10a, 10bの温度を、第2接合部材39を用いてベース31を絶縁回路基板10a, 10bに接合する高温から室温まで下げると、ベース31の線膨張係数と絶縁回路基板10a, 10bの線膨張係数との間の差のため、ベース31の第1部分32に、パワー半導体素子20, 21から遠位する側(-z側)に凸となるように湾曲されている第2湾曲部35が形成される。ベース31が箔ベースである場合には、ベース31に第2湾曲部35を形成することが容易になる。

[0067] 本実施の形態のパワーモジュール1eの製造方法の別の例は、実施の形態1のパワーモジュール1の製造方法と同様の工程を備えてもよい。本実施の形態のパワーモジュール1eの製造方法の別の例では、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を準備すること(S1)は、ベース31を機械加工して、少なくとも一つの第1湾曲部33aと第2湾曲部35とをベース31に形成することを含んでもよい。機械加工は、例えば、プレス加工または曲げ加工である。第二の例では、少なくとも一つの第1湾曲部33aが設けられたベース31を準備すること(S1)は、鋳型を用いて、少なくとも一つの第1湾曲部33aと第2湾曲部35とが設けられたベース31を鋳造することを含んでもよい。パワーモジュール1eでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、複数の第1湾曲部33aであってもよい。

[0068] 本実施の形態のパワーモジュール1eは、実施の形態1のパワーモジュール1の効果に加えて、以下の効果を奏する。

[0069] 本実施の形態のパワーモジュール1eでは、第1部分32に、パワー半導

体素子 20, 21 から遠位する側 (−z 側) に凸となるように湾曲されている第 2 湾曲部 35 が設けられている。そのため、第 2 湾曲部 35 は、ベース 31 をヒートシンク 45 に確実に熱的に接続させることができる。パワーモジュール 1 e の放熱性能は向上する。また、第 2 湾曲部 35 とヒートシンク 45 との間にある伝熱層 46 の厚さが減少するため、ベース 31 とヒートシンク 45 との間の熱抵抗は減少する。パワーモジュール 1 e の放熱性能は向上する。

[0070] 本実施の形態のパワーモジュール 1 e では、ベース 31 は、絶縁回路基板 10 a, 10 b よりも小さな線膨張係数を有している。そのため、ベース 31 を機械加工する工程無しに、第 2 湾曲部 35 は形成され得る。パワーモジュール 1 e は、簡素な工程で容易に製造され得る。

[0071] 実施の形態 5.

図 13 を参照して、実施の形態 5 のパワーモジュール 1 f を説明する。本実施の形態のパワーモジュール 1 f は、実施の形態 1 のパワーモジュール 1 と同様の構成を備えるが、以下の点で主に異なる。本実施の形態のパワーモジュール 1 f では、ベース 31 の両端部は折りたたまれている。ベース 31 の両端部に、ベース 31 の折り畳み部 36 が設けられている。ベース 31 を少なくとも一回折り畳むことによって、折り畳み部 36 は形成される。

[0072] 図 14 に示されるように、本実施の形態の変形例のパワーモジュール 1 g では、ベース 31 の両端部は巻回されてもよい。ベース 31 の両端部に、ベース 31 の巻回部 37 が設けられてもよい。ベース 31 を少なくとも一巻き巻回することによって、巻回部 37 は形成される。外囲体 38 に凹部 38 r が設けられてもよく、ベース 31 の巻回部 37 は外囲体 38 の凹部 38 r に収容されてもよい。そのため、外囲体 38 は、ベース 31 に対して、容易に位置決めされ得る。

[0073] 図 15 を参照して、本実施の形態のパワーモジュール 1 f, 1 g の製造方法の一例を説明する。本実施の形態のパワーモジュール 1 f, 1 g の製造方法は、実施の形態 1 のパワーモジュール 1 の製造方法と同様の工程を備えて

おり、さらに以下の工程S41を備えている。

[0074] 本実施の形態のパワーモジュール1f, 1gの製造方法は、ベース31の両端部に、折り畳み部36または巻回部37を形成すること(S41)をさらに備えている。少なくとも一つの第1湾曲部33aが形成される前のベース31は、平坦なフレキシブルシートである。そのため、少なくとも一つの第1湾曲部33aが形成される前のベース31は、ハンドリングが困難である。少なくとも一つの第1湾曲部33aが形成される前のベース31は、ベース31の些細なハンドリングミスによって折れ曲がって、使い物にならなくなるがあった。

[0075] これに対し、ベース31の折り畳み部36または巻回部37は、ベース31の両端部を機械的に補強して、ベース31のハンドリングを容易にする。ベース31の折り畳み部36または巻回部37は、ベース31のハンドリングミスによって、ベース31が使い物にならなくなる可能性を低減することができる。パワーモジュール1f, 1gでは、少なくとも一つの第1湾曲部33aは、複数の第1湾曲部33aであってもよい。

[0076] 本実施の形態のパワーモジュール1f, 1gは、実施の形態1のパワーモジュール1の効果に加えて、以下の効果を奏する。

[0077] 本実施の形態のパワーモジュール1f, 1gでは、ベース31の両端部に、ベース31の折り畳み部36、または、ベース31の巻回部37が設けられている。ベース31の折り畳み部36またはベース31の巻回部37は、ベース31の両端部を機械的に補強して、ベース31のハンドリングを容易にする。パワーモジュール1f, 1gは、容易に製造され得る。

[0078] 実施の形態6.

本実施の形態は、実施の形態1から実施の形態5のパワーモジュール1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1gのいずれかを電力変換装置に適用したものである。本実施の形態の電力変換装置200が、特に限定されるものではないが、三相のインバータである場合について以下説明する。

[0079] 図16に示される電力変換システムは、電源100、電力変換装置200

及び負荷300から構成される。電源100は、直流電源であり、電力変換装置200に直流電力を供給する。電源100は、特に限定されないが、例えば、直流系統、太陽電池または蓄電池で構成されてもよいし、交流系統に接続された整流回路またはAC/DCコンバータで構成されてもよい。電源100は、直流系統から出力される直流電力を別の直流電力に変換するDC/DCコンバータによって構成されてもよい。

[0080] 電力変換装置200は、電源100と負荷300の間に接続された三相のインバータであり、電源100から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷300に交流電力を供給する。電力変換装置200は、図16に示されるように、直流電力を交流電力に変換して出力する主変換回路201と、主変換回路201を制御する制御信号を主変換回路201に出力する制御回路203とを備えている。

[0081] 負荷300は、電力変換装置200から供給された交流電力によって駆動される三相の電動機である。なお、負荷300は、特に限定されるものではないが、各種電気機器に搭載された電動機であり、例えば、ハイブリッド自動車、電気自動車、鉄道車両、エレベーター、または、空調機器向けの電動機として用いられる。

[0082] 以下、電力変換装置200の詳細を説明する。主変換回路201は、スイッチング素子（図示せず）と還流ダイオード（図示せず）を備えている。スイッチング素子が電源100から供給される電圧をスイッチングすることによって、主変換回路201は、電源100から供給される直流電力を交流電力に変換して、負荷300に供給する。主変換回路201の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態に係る主変換回路201は2レベルの三相フルブリッジ回路であり、6つのスイッチング素子とそれぞれのスイッチング素子に逆並列された6つの還流ダイオードとから構成され得る。主変換回路201の各スイッチング素子及び各還流ダイオードの少なくともいずれかに、上述した実施の形態1から実施の形態5のパワーモジュール1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1gのいずれかを適用する。6つの

スイッチング素子は2つのスイッチング素子ごとに直列接続され上下アームを構成し、各上下アームはフルブリッジ回路の各相（U相、V相及びW相）を構成する。そして、各上下アームの出力端子、すなわち主変換回路201の3つの出力端子は、負荷300に接続される。

[0083] また、主変換回路201は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（図示せず）を備えている。駆動回路は、半導体モジュール202に内蔵されていてもよいし、半導体モジュール202とは別に設けられてもよい。駆動回路は、主変換回路201に含まれるスイッチング素子を駆動する駆動信号を生成して、主変換回路201のスイッチング素子の制御電極に駆動信号を供給する。具体的には、制御回路203からの制御信号に従い、スイッチング素子をオン状態にする駆動信号とスイッチング素子をオフ状態にする駆動信号とを各スイッチング素子の制御電極に出力する。スイッチング素子をオン状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以上の電圧信号（オン信号）であり、スイッチング素子をオフ状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以下の電圧信号（オフ信号）となる。

[0084] 制御回路203は、負荷300に所望の電力が供給されるよう主変換回路201のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷300に供給すべき電力に基づいて主変換回路201の各スイッチング素子がオン状態となるべき時間（オン時間）を算出する。例えば、出力すべき電圧に応じてスイッチング素子のオン時間を変調するパルス幅変調（PWM）制御によって、主変換回路201を制御することができる。そして、各時点においてオン状態となるべきスイッチング素子にはオン信号を、オフ状態になるべきスイッチング素子にはオフ信号が出力されるよう、主変換回路201が備える駆動回路に制御指令（制御信号）を出力する。駆動回路は、この制御信号に従い、各スイッチング素子の制御電極にオン信号又はオフ信号を駆動信号として出力する。

[0085] 本実施の形態に係る電力変換装置200では、主変換回路201に含まれる半導体モジュール202として、実施の形態1から実施の形態5のパワー

モジュール 1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e, 1 f, 1 g のいずれかが適用される。そのため、本実施の形態に係る電力変換装置 200 は、向上された信頼性を有する。

[0086] 本実施の形態では、2レベルの三相インバータに本発明を適用する例を説明したが、これに限られるものではなく、種々の電力変換装置に適用することができる。本実施の形態では2レベルの電力変換装置としたが、3レベルの電力変換装置であってもよいし、マルチレベルの電力変換装置であってもよい。電力変換装置が単相負荷に電力を供給する場合には、単相のインバータに本発明が適用されてもよい。電力変換装置が直流負荷等に電力を供給する場合には、DC/DCコンバータまたはAC/DCコンバータに本発明が適用されてもよい。

[0087] 本発明が適用された電力変換装置は、負荷が電動機の場合に限定されるものではなく、例えば、放電加工機もしくはレーザー加工機の電源装置、または、誘導加熱調理器もしくは非接触器給電システムの電源装置に組み込まれ得る。本発明が適用された電力変換装置は、太陽光発電システムまたは蓄電システム等のパワーコンディショナーとして用いられ得る。

[0088] 今回開示された実施の形態 1-6 はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。矛盾のない限り、今回開示された実施の形態 1-6 の少なくとも2つを組み合わせてもよい。本発明の範囲は、上記した説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることを意図される。

符号の説明

[0089] 1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e, 1 f, 1 g パワーモジュール、10 a, 10 b 絶縁回路基板、10 p おもて面、10 q 裏面、11 絶縁基板、12 a, 12 b 導電回路パターン、13 導電板、20, 21 パワー半導体素子、23 第1接合部材、26, 29 リード端子、27, 28 配線、30 ケース、31 ベース、32 第1部分、33 第2部分、33 a 第1湾曲部、33 b 平坦部、35 第2湾曲部、36 折り

畳み部、37 巻回部、38 外囲体、38 r 凹部、39 第2接合部材、40 封止部材、45 ヒートシンク、46 伝熱層、47 締結部材、50 膜、100 電源、200 電力変換装置、201 主変換回路、202 半導体モジュール、203 制御回路、300 負荷。

請求の範囲

- [請求項1] おもて面と、前記おもて面とは反対側の裏面とを有する絶縁回路基板と、
前記絶縁回路基板の前記おもて面に接合されているパワー半導体素子と、
前記絶縁回路基板の前記裏面に接合部材を用いて接合されているベースと、
前記パワー半導体素子及び前記絶縁回路基板を封止する封止部材とを備え、
前記ベースは、前記接合部材に接触している第1部分と、前記接合部材から露出しておりかつ前記第1部分を囲んでいる第2部分とを含み、
前記第2部分の少なくとも一部に選択的に、前記第1部分に対して前記パワー半導体素子に近位する側に凸となるように湾曲されている少なくとも一つの第1湾曲部が設けられている、パワーモジュール。
- [請求項2] 前記ベースは、箔ベースである、請求項1に記載のパワーモジュール。
- [請求項3] 前記少なくとも一つの第1湾曲部は、前記第1部分の外縁の少なくとも一部に沿って延在している、請求項1または請求項2に記載のパワーモジュール。
- [請求項4] 前記少なくとも一つの第1湾曲部は、前記第1部分の外縁全体に沿って延在している、請求項1または請求項2に記載のパワーモジュール。
- [請求項5] 前記少なくとも一つの第1湾曲部は、前記第2部分の全体に設けられている、請求項1から請求項4のいずれか一項に記載のパワーモジュール。
- [請求項6] 前記封止部材は、熱硬化性樹脂材料で形成されており、
前記ベースは、前記封止部材よりも大きな線膨張係数を有している

、請求項5に記載のパワーモジュール。

[請求項7] 前記少なくとも一つの第1湾曲部上に選択的に設けられている膜をさらに備え、

前記膜は、前記ベースよりも小さな線膨張係数を有している、請求項1から請求項6のいずれか一項に記載のパワーモジュール。

[請求項8] 前記第1部分に、前記パワー半導体素子から遠位する側に凸となるように湾曲されている第2湾曲部が設けられている、請求項1から請求項7のいずれか一項に記載のパワーモジュール。

[請求項9] 前記ベースは、前記絶縁回路基板よりも小さな線膨張係数を有している、請求項8に記載のパワーモジュール。

[請求項10] 前記少なくとも一つの第1湾曲部は、複数の第1湾曲部である、請求項1から請求項9のいずれか一項に記載のパワーモジュール。

[請求項11] 前記ベースの両端部に、前記ベースの折り畳み部、または、前記ベースの巻回部が設けられている、請求項1から請求項10のいずれか一項に記載のパワーモジュール。

[請求項12] ヒートシンクをさらに備え、

前記絶縁回路基板は、前記ベースの第1主面に接合されており、

前記ヒートシンクは、前記第1主面と反対側の前記ベースの第2主面に取り付けられている、請求項1から請求項11のいずれか一項に記載のパワーモジュール。

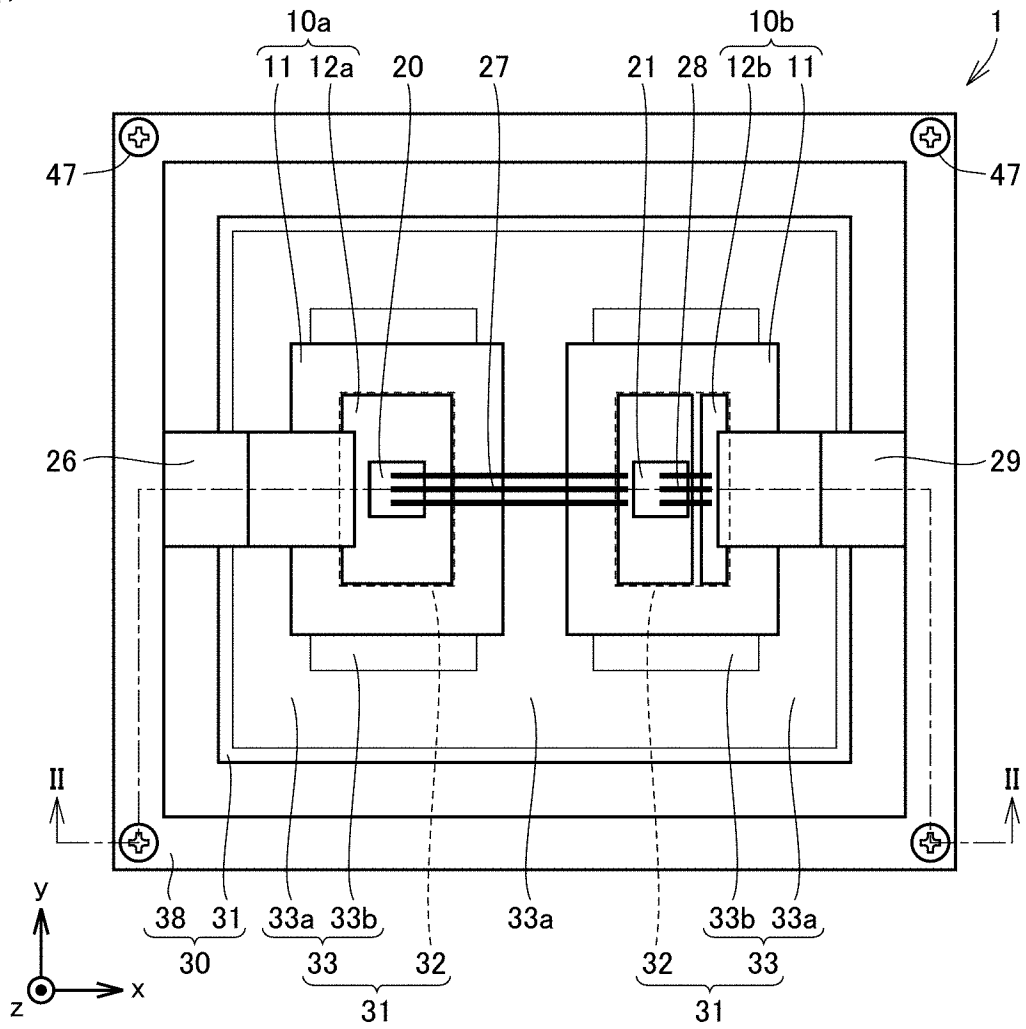
[請求項13] 前記ヒートシンクは、締結部材を用いて、前記ベースに取り付けられている、請求項12に記載のパワーモジュール。

[請求項14] 請求項1から請求項13のいずれか一項に記載の前記パワーモジュールを有し、かつ、入力される電力を変換して出力する主変換回路と、

前記主変換回路を制御する制御信号を前記主変換回路に出力する制御回路とを備える、電力変換装置。

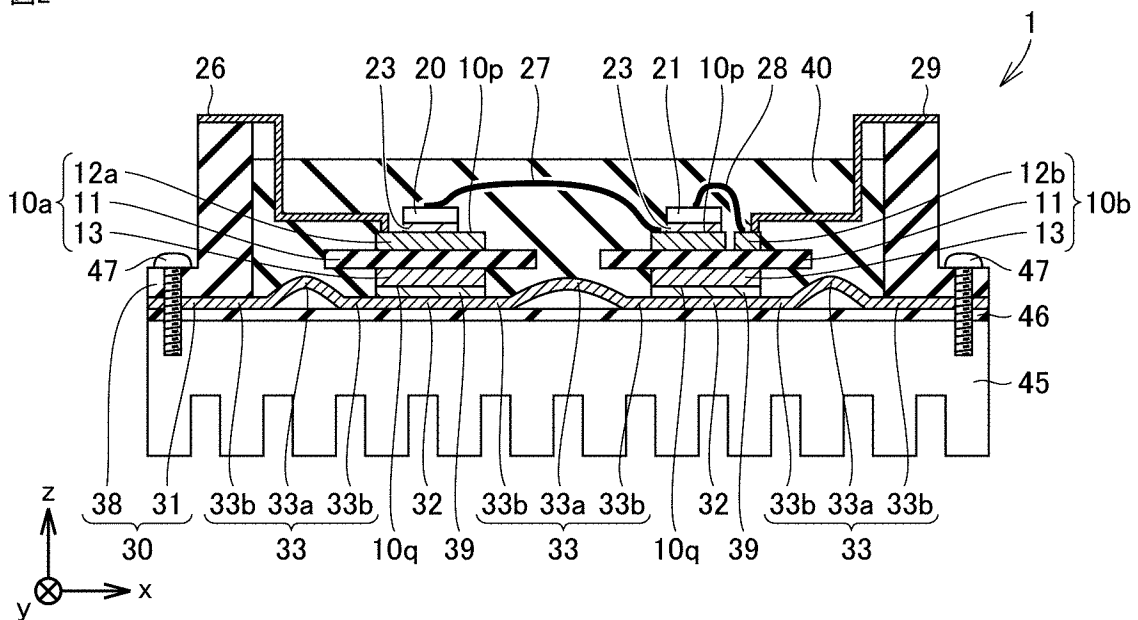
[図1]

図1



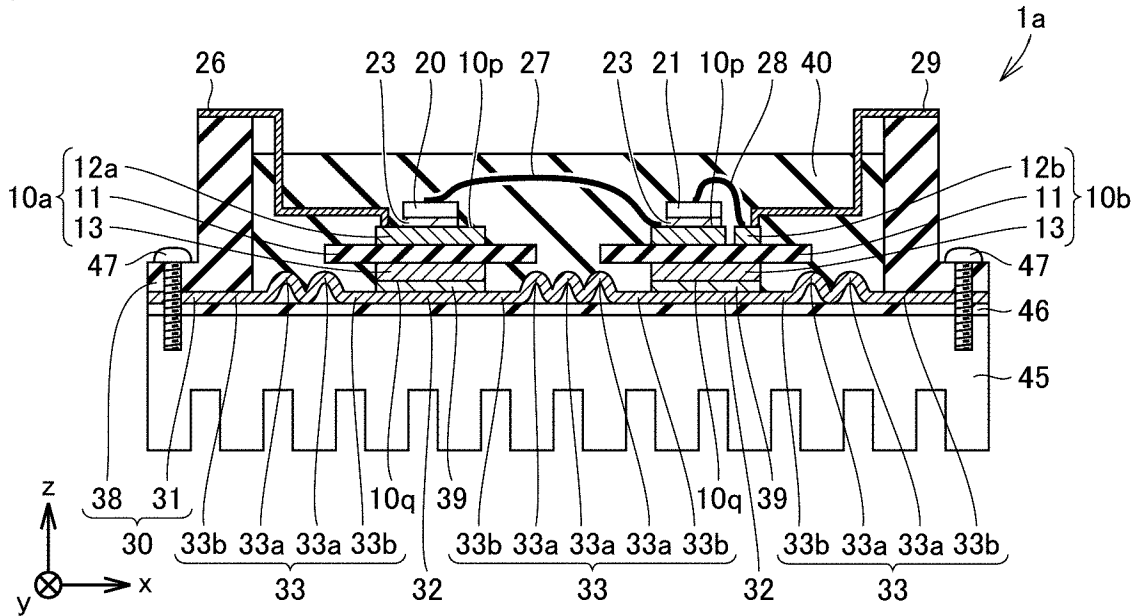
[図2]

図2



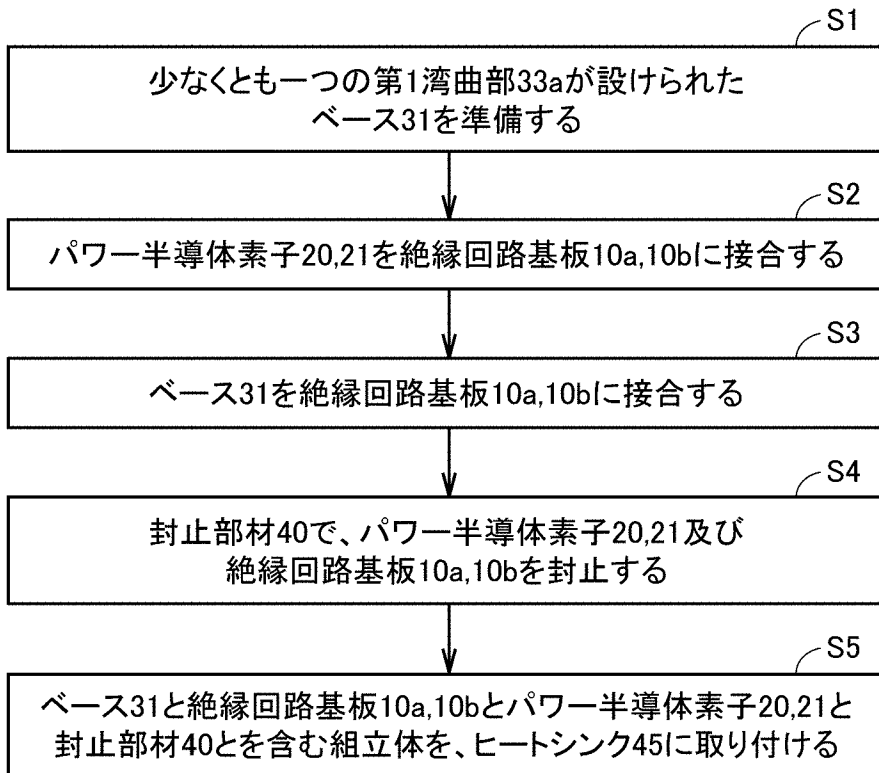
[図3]

図3



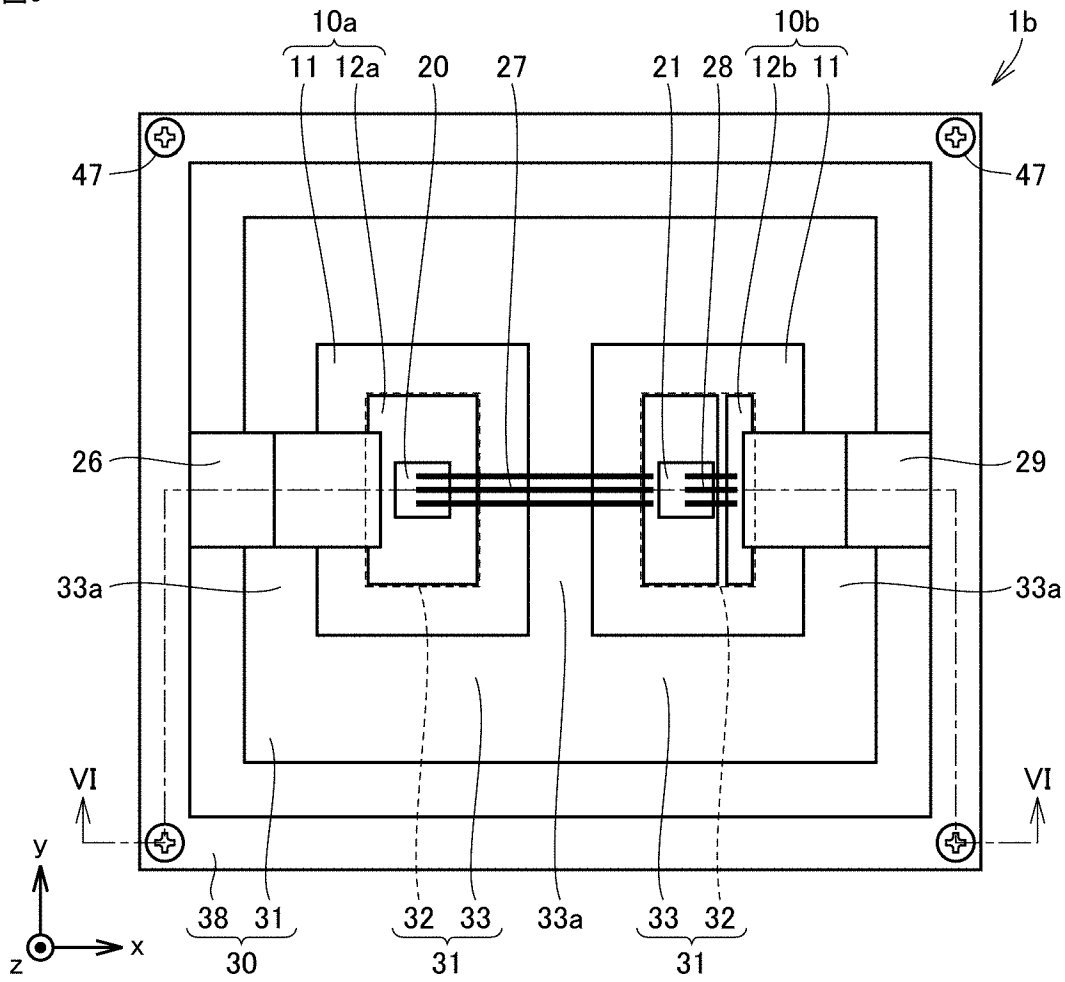
[図4]

図4



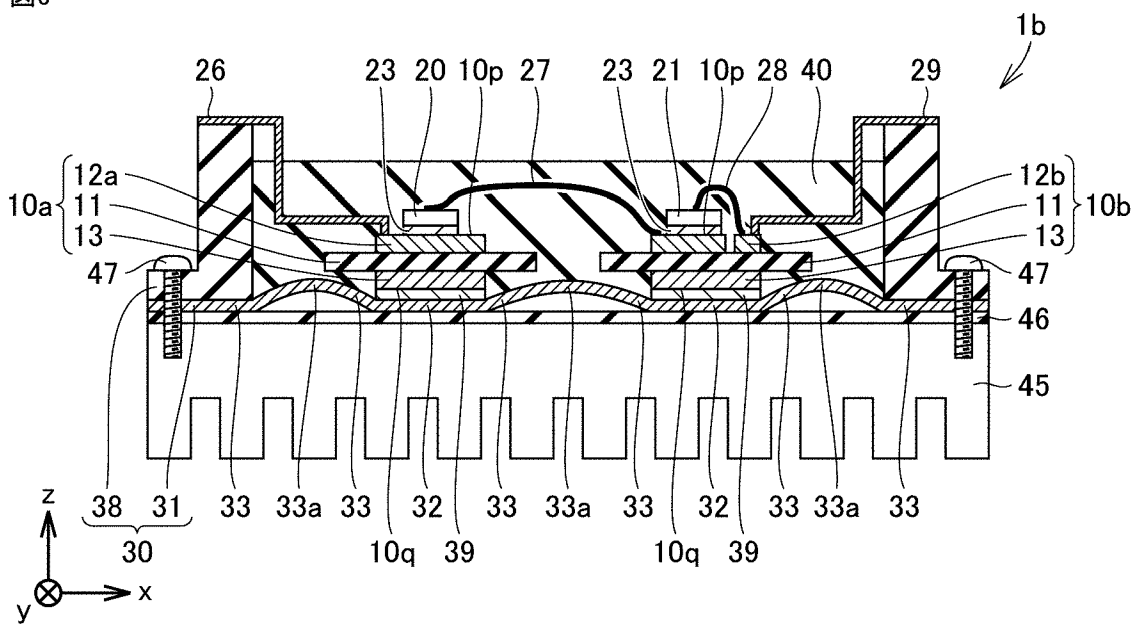
[図5]

図5



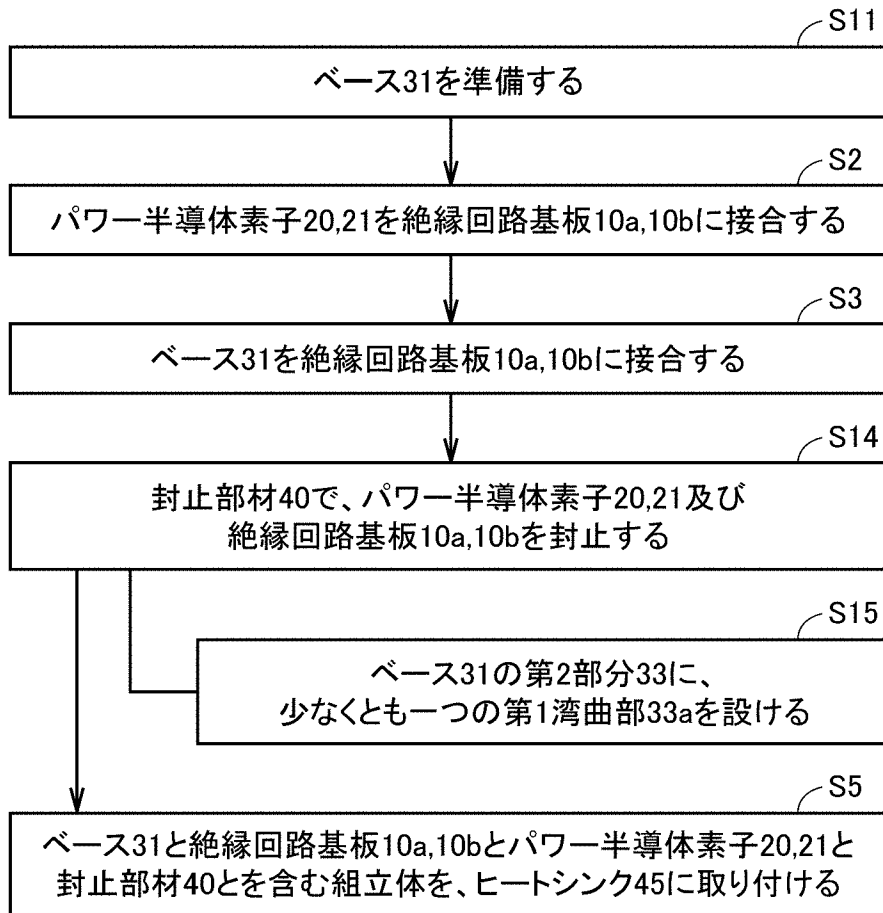
[図6]

図6



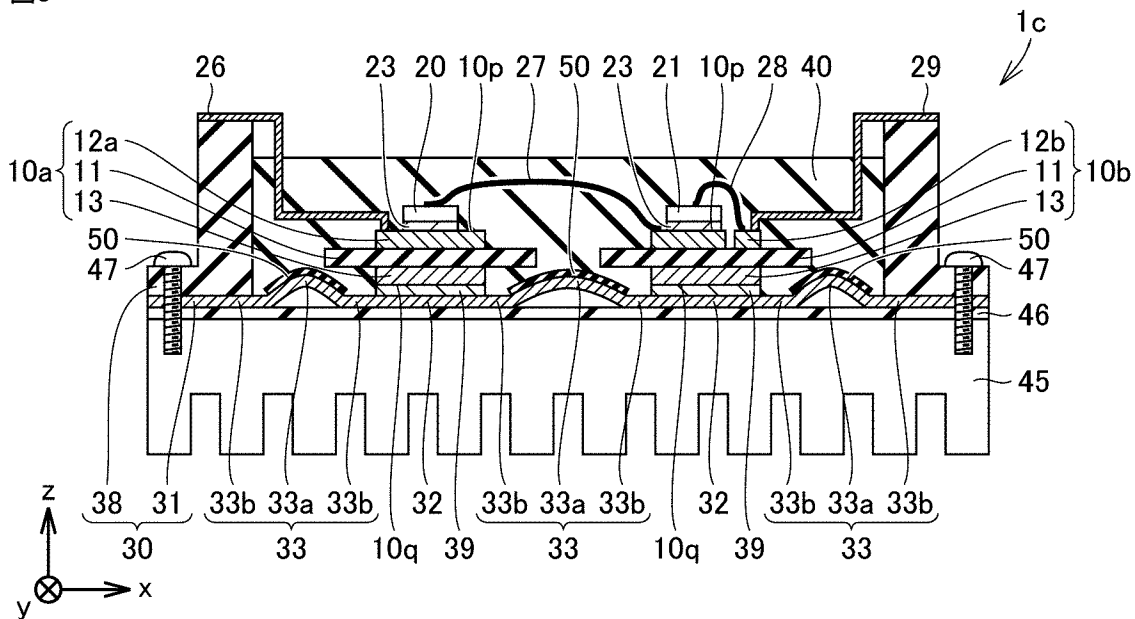
[図7]

図7



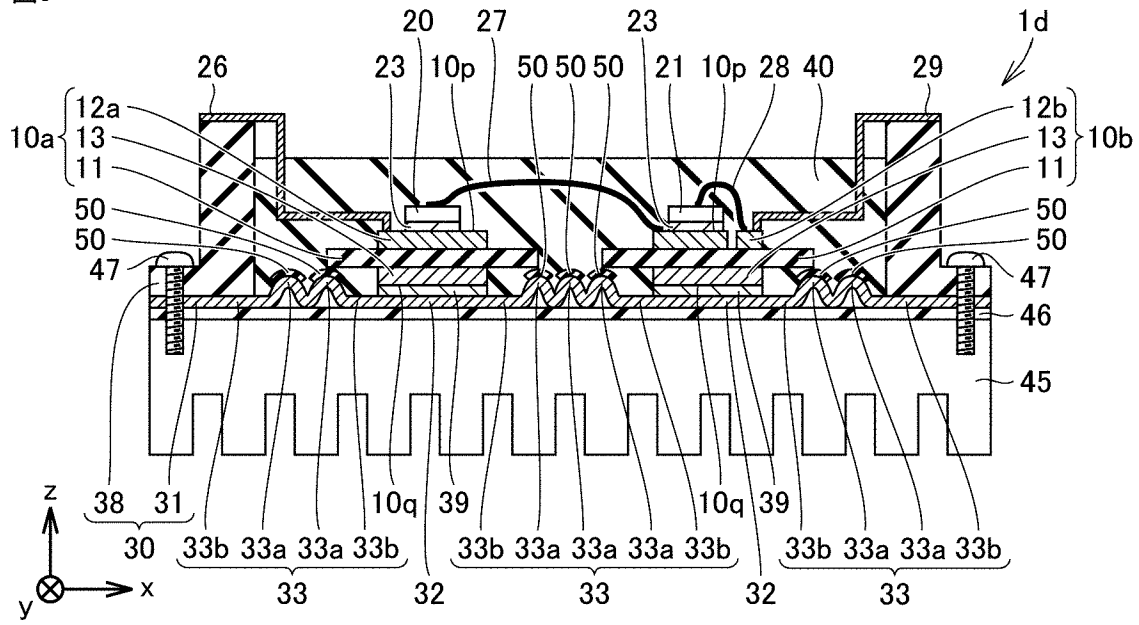
[図8]

図8



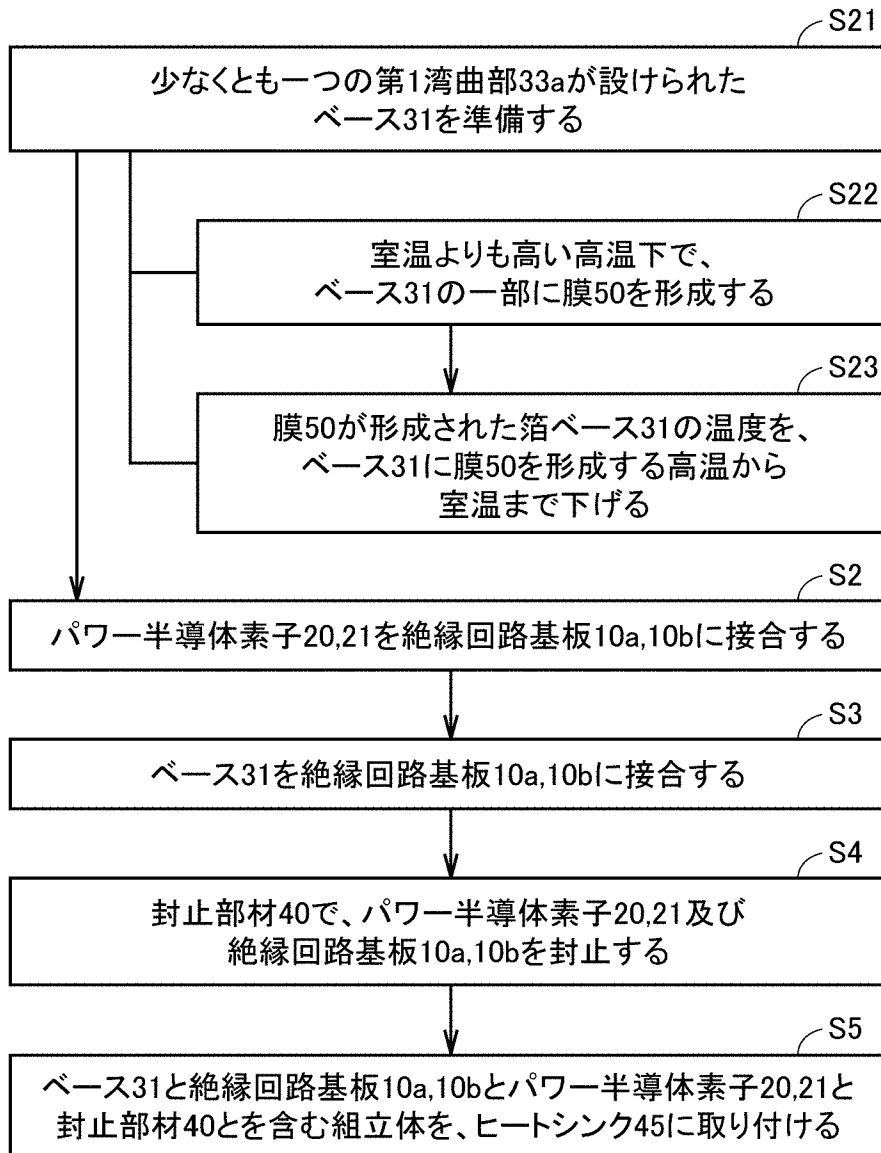
[図9]

図9



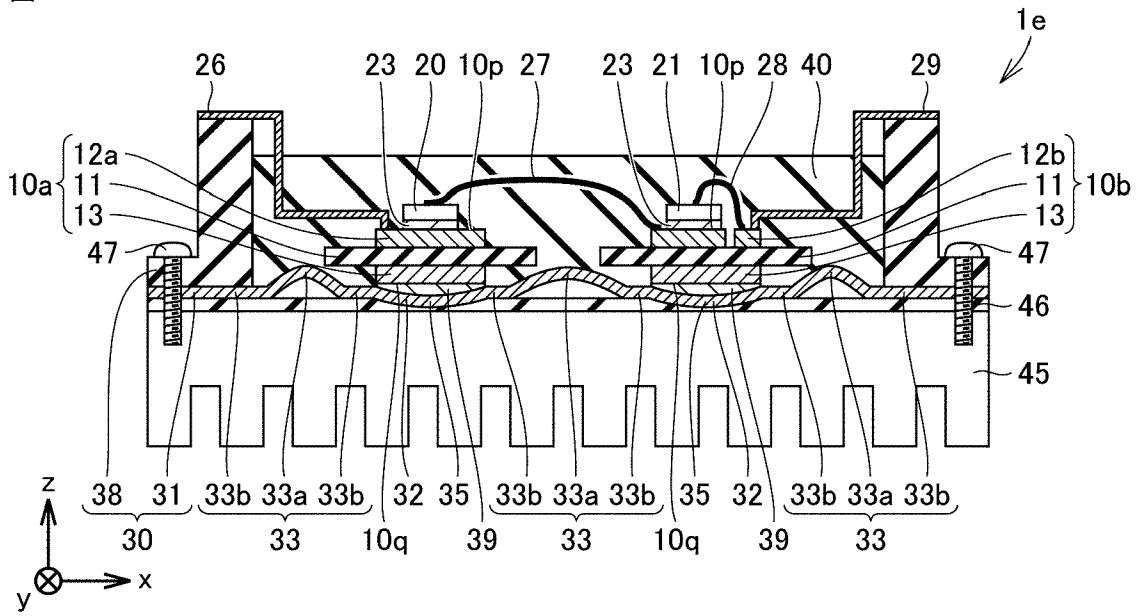
[図10]

図10



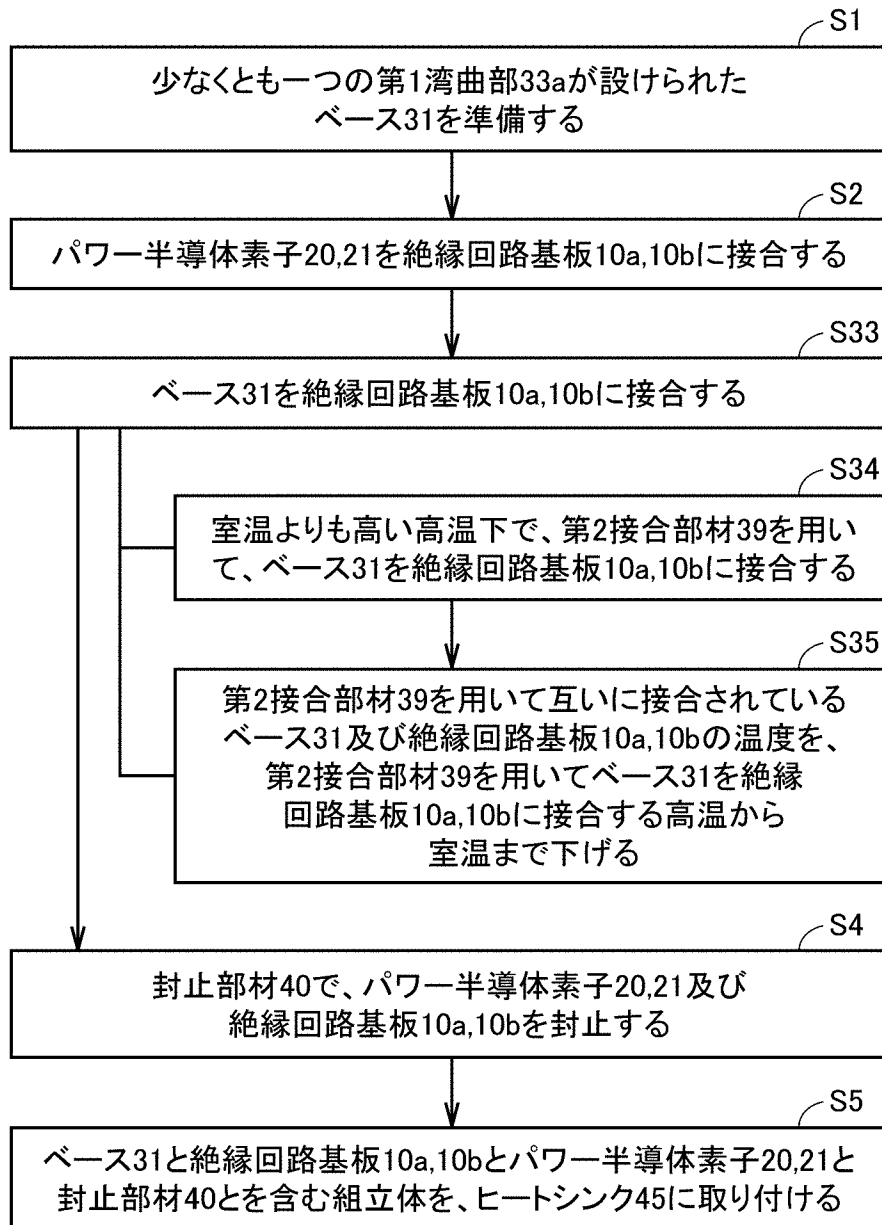
[図11]

図11



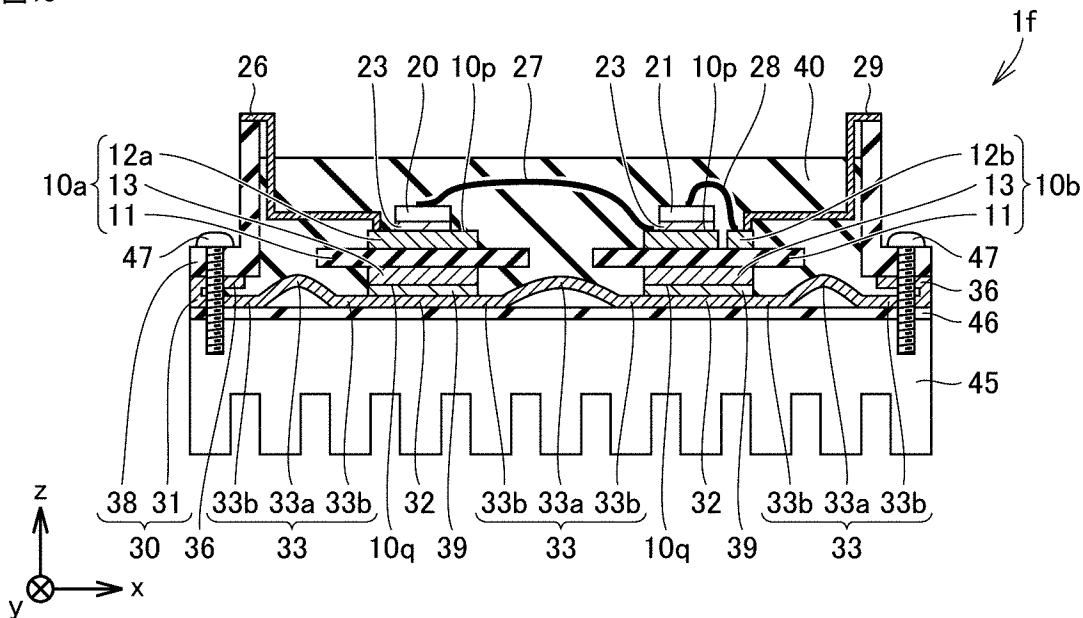
[図12]

図12



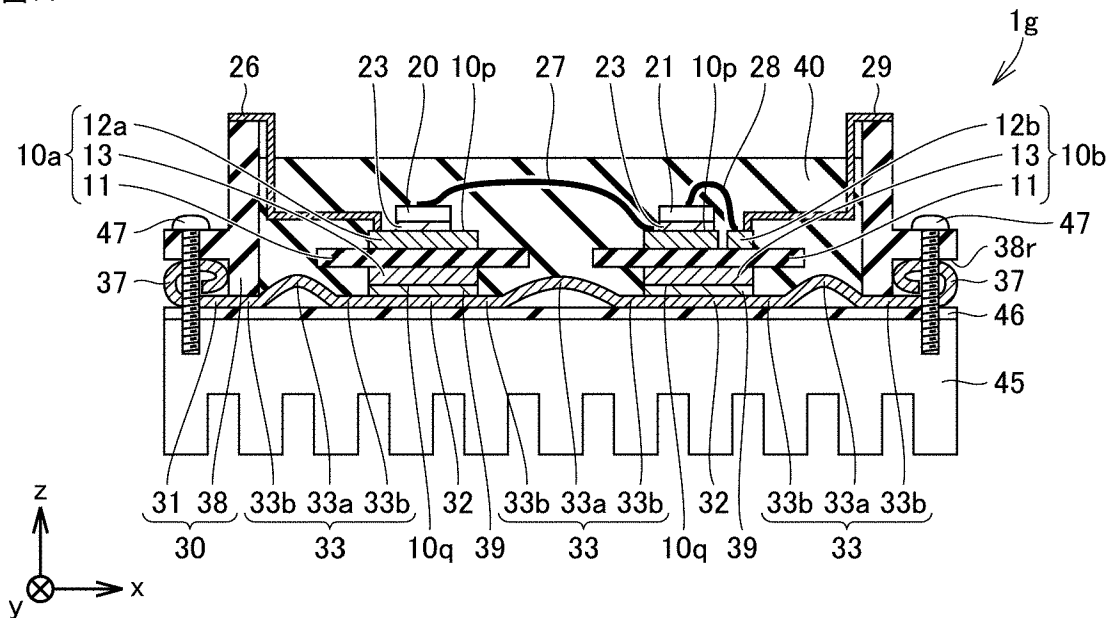
[図13]

図13



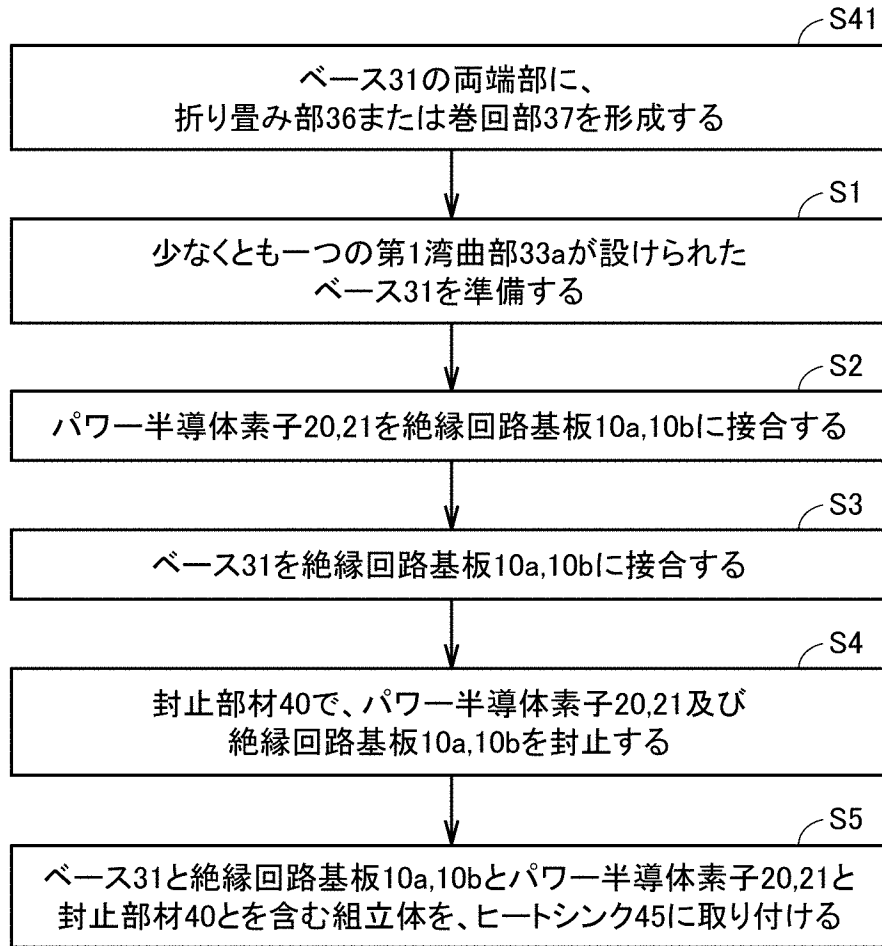
[図14]

図14



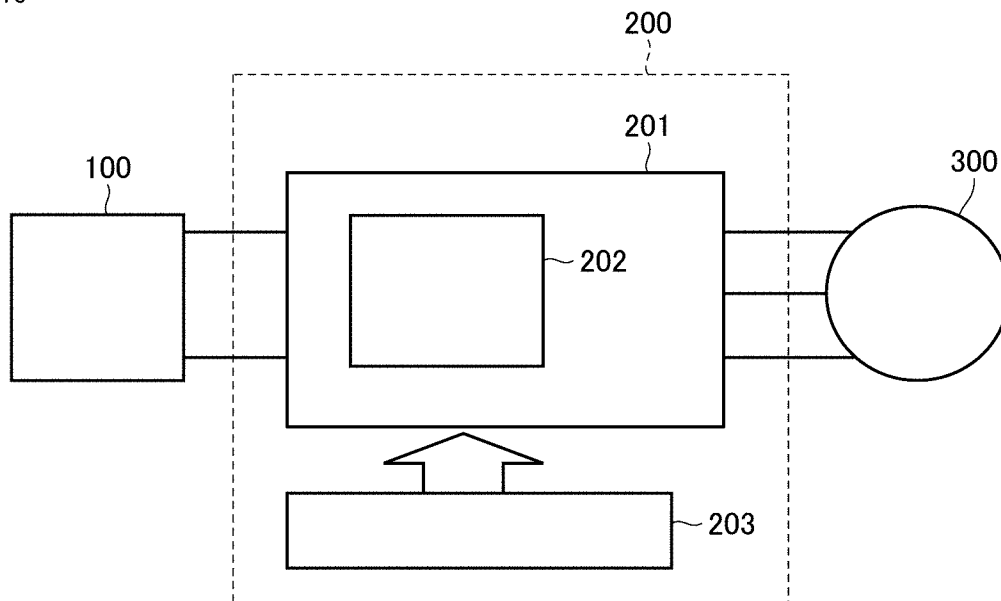
[図15]

図15



[図16]

図16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/022041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L23/28 (2006.01) i, H01L23/36 (2006.01) i, H01L25/07 (2006.01) i, H01L25/18 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01L23/28, H01L23/36, H01L25/07, H01L25/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2016-86186 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 19 May 2016, paragraphs [0002]-[0009], fig. 19 & US 2014/0367736 A1, paragraphs [0005]-[0012], fig. 19 & WO 2013/146212 A1 & EP 2833405 A1 & CN 104170086 A	1, 3, 12-14 2, 4-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
09 August 2019 (09.08.2019)

Date of mailing of the international search report
20 August 2019 (20.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/022041

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-45238 A (SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH) 17 February 2005, paragraphs [0012]-[0018], fig. 4 & US 2005/0035445 A1, paragraphs [0020]-[0027], fig 4 & EP 1501127 A2 & KR 10-0990527 B1	1, 3, 12-14 2, 4-11
Y	WO 2018/235197 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 27 December 2018, paragraphs [0058]-[0070], fig. 7 (Family: none)	14
A	JP 2007-184315 A (HITACHI, LTD.) 19 July 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2015-76511 A (HITACHI, LTD.) 20 April 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L23/28(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H01L25/07(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L23/28, H01L23/36, H01L25/07, H01L25/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2016-86186 A（富士電機株式会社）2016.05.19, 段落[0002]-[0009], 図19 & US 2014/0367736 A1, 段落[0005]-[0012], 図19 & WO 2013/146212 A1 & EP 2833405 A1 & CN 104170086 A	1, 3, 12-14 2, 4-11

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.08.2019

国際調査報告の発送日

20.08.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

川原 光司

5 F

5382

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2005-45238 A (ゼミクロン エレクトロニク ゲゼルシャフト ミット ベシユレンクテル ハフツング) 2005. 02. 17, 段落[0012]-[0018], 図 4 & US 2005/0035445 A1, 段落[0020]-[0027], 図 4 & EP 1501127 A2 & KR 10-0990527 B1	1, 3, 12-14 2, 4-11
Y	WO 2018/235197 A1 (三菱電機株式会社) 2018. 12. 27, 段落[0058]-[0070], 図 7 (ファミリーなし)	14
A	JP 2007-184315 A (株式会社日立製作所) 2007. 07. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2015-76511 A (株式会社日立製作所) 2015. 04. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14